



**XX SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
XXX.YY  
22 a 25 Novembro de 2009  
Recife - PE

**GRUPO - XV**

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO  
PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

**MANUTENÇÃO EM CABOS OPGW SEM INTERRUPTÃO DO SISTEMA: UMA SOLUÇÃO PARA O  
DESLOCAMENTO DAS FIBRAS ÓPTICAS**

**José Roberto Sandes**

**COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO**

**RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma solução para o caso das atenuações das fibras ópticas em caixas de emendas ópticas oriundas do deslocamento das fibras no interior do cabo OPGW (cabo pára-raios com fibras ópticas) de fabricação Cabelte, melhorando a qualidade e a confiabilidade do sistema, incidindo na aplicação de técnicas desenvolvidas durante as observações frente ocorrências neste cabo. A aplicação dessas técnicas leva a não interrupção do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE**

Atenuação em Fibras Ópticas, Opgw, Macrocurvatura, Manutenção em Cabos Ópticos

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Os sistemas de comunicação têm passado por grandes transformações em todo o mundo. Todas as novas tecnologias na comunicação de uma forma ou de outra têm se adotado as fibras ópticas como suporte básico de comunicação. Através das fibras contidas nos cabos OPGW, podem trafegar sinais ópticos com as mais diversas informações (telefonia, Internet, dados, vídeos, etc.), inclusive dados corporativos essenciais à operação da concessionária e do sistema elétrico como um todo.

O sistema de telecomunicações da Chesf (Companhia Hidroelétrica do São Francisco) empresa do segmento de energia elétrica que atende a oito estados da região nordeste do Brasil, também se caracteriza com o uso da tecnologia digital, suportada principalmente em fibras ópticas incorporadas aos cabos pára-raios sobre as torres de alta tensão, através da solução de tecnologia conhecida por OPGW com 5.500 km de rede óptica implantada. O sistema de comunicação da empresa é de grande importância, envolvendo tanto a gestão técnica-operacional como a administrativa do sistema eletro energético. Ainda nessa categoria, a rede de cabos OPGW serve de suporte às operadoras telefônicas de longa distância parceiras e co-usuárias deste investimento.

O problema que se levou a pesquisar o assunto em questão foi a constatação da atenuação óptica em vários trechos interferindo na qualidade do sistema, e em alguns casos, provocando degradação de sinal comprometendo a confiabilidade do sistema. Após análise e levantamento de informações durante as ocorrências, observou-se que a localização exata dos eventos com elevada atenuação coincidiam com as caixas de emendas ópticas (CEO), provocadas por deslocamento das fibras para o interior do cabo óptico causando desarrumação nas bandejas de emendas e degradação do sinal. A necessidade que levou o desenvolvimento de uma solução prática e econômica que visa manter o sistema em funcionamento preservando a sua qualidade e confiabilidade foi em

decorrência do aumento do número de ocorrências em 20% de um total de 97 CEO's, que ficam instaladas em torres de alta tensão. O cabo OPGW Cabelte que apresenta o deslocamento de fibras no seu interior representa uma extensão de 428 km entre a Usina de Xingo(Sergipe), Subestação de Jardim(Aracaju) e a Subestação de Camaçari (Bahia).

## 2.0 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO OPGW.

Um cabo de fibras ópticas é constituído genericamente por um núcleo central onde se agrupam as fibras e por diversas camadas protetoras. O projeto e dimensionamento de um cabo de fibras ópticas visa no essencial isolar a fibra dos esforços mecânicos e das condições ambientais a que o cabo pode ficar sujeito durante a instalação e a sua vida útil.

Um dos aspectos mais importantes no projeto de um cabo de fibras ópticas é o cálculo do extra-comprimento da fibra, nome com que habitualmente se designa a folga de fibra em relação ao comprimento do cabo que permite absorver, até um determinado limite, o alongamento que este pode sofrer na fase da instalação. Este parâmetro é particularmente importante nos cabos aéreos, pois estão permanentemente em tração.

O cabo OPGW de fabricação Cabelte possui características mecânicas e elétricas equivalentes as do cabo pára-raios convencional o qual atende as necessidades do projeto da nova linha a ser instalada. Construído com fibras ópticas revestidas em acrilato, estas são alojadas no tubo loose de proteção que fica no interior do tubo de alumínio. O tubo de alumínio fica posicionado no centro do cabo pára-raio. Em volta ao tubo de alumínio são encordoados uma camada de fios metálicos(aço-alumínio)(ver Figura 1). O tubo de alumínio garante uma proteção mecânica ao tubo loose além de impedir a exposição do núcleo a umidade e ainda melhora na condutividade do pára-raio.

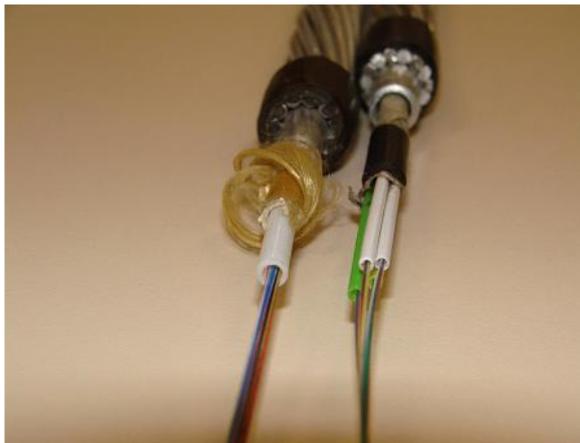


Figura 1 – Cabo OPGW

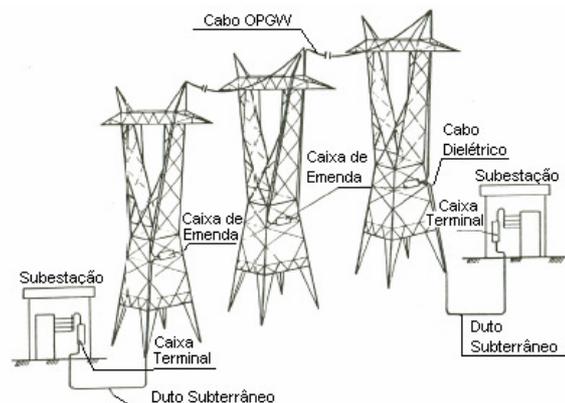


Figura 2 – Sistema com Cabo OPGW

### 2.1 Tubo Loose.

O tubo loose de proteção das fibras é constituído de um polímero de características compatíveis com as solicitações que o núcleo óptico no geral irá sofrer e que basicamente se resume ao efeito de temperatura, já que a tecnologia é do tipo loose. Na tecnologia tipo "loose" as fibras são posicionadas no interior do tubete de maneira livre. Esta tecnologia permite a fibra se movimentar radialmente dentro do tubete e compensar qualquer acréscimo de comportamento do cabo OPGW. Portanto as fibras não estarão submetidas a esforços de tração, mesmo com o cabo em sobrecarga ou em uma situação de curto-circuito a que o cabo OPGW foi submetido.

### 2.2 Características de Transmissão da Fibra Ótica

No contexto será abordado parte das características visto que o objeto em estudo visa analisar os problemas que aparecem com relação a atenuação das fibras nas caixas de emenda óptica (CEO).

Uma fibra óptica é um guia-de-onda dielétrico e cilíndrico, constituído de um meio de propagação chamado de núcleo, o qual está envolto por um outro meio (casca ) A propagação da luz se dá principalmente no núcleo. A casca, que possui um índice de refração menor que o do núcleo, tem a função de confinar a luz dentro dele. Suas propriedades de transmissão dependem das propriedades do núcleo e da casca. As fibras ópticas podem ser

divididas em fibras monomodo e multimodo(1). A fibra observada neste trabalho é a monomodo e opera na janela de 1550 nm com atenuação menor que 0,21 dB/km.

### 3.0 - ATENUAÇÃO ÓPTICA

A atenuação ou perda de transmissão pode ser definida como a diminuição da intensidade de energia de um sinal ao propagar-se através de um meio de transmissão. A atenuação da luz ao passar pela fibra óptica é devida a várias razões, tais como: absorção do material no núcleo ou na casca, espalhamento devido a heterogeneidade em índice de refração e deformações mecânicas(2).

#### 3.1 Absorção.

Estas perdas podem ser intrínsecas devido ao material da fibra e ressonâncias moleculares, ou extrínsecas devido a impurezas como íons de hidroxila (OH-) que se combinam com a sílica durante a fabricação(3).

#### 3.2 Espalhamento.

Surge de variações microscópicas na densidade do material, variações na composição do material e não homogeneidades estruturais próprias de qualquer material não cristalino. Causa a dispersão da energia da luz em todas as direções (3).

#### 3.3 Deformações Mecânicas.

As deformações mais importantes são as macrocurvaturas e microcurvaturas, as quais ocorrem ao longo do eixo da fibra devido a aplicação de esforços sobre a mesma, durante a fase de cabeamento e instalação do cabo óptico. As perdas por curvatura são divididas em macrocurvaturas, que ocorrem quando a fibra sofre uma certa curvatura que a luz tende a escapar de seu confinamento, e microcurvaturas, geralmente ocorre quando uma fibra sofre um certo tipo de impacto, trinca ou uma curvatura com raio extremamente pequeno (ver Figura 3). Para se evitar as perdas por macrocurvatura(ver Figura 4) deve-se manter o raio mínimo de curvatura dependente do comprimento de onda e da composição da fibra e se este raio for muito reduzido a fibra pode sofrer um dano permanente, já as perdas por microcurvatura (ver Figura 4) é um dano irreversível e impede o uso da fibra óptica (3).



Figura 3 – Macrocurvatura em uma fibra óptica



Figura 4 – Microcurvatura em uma fibra

### 4.0 - O PROBLEMA.

O cabo OPGW em análise se estende numa extensão de 428 km entre a Usina Hidrelétrica de Xingo, Site Eletronet-SRN, SE-JARDIM(Aracaju-SE ),SE-ITABAIANINHA(Sergipe), Site Eletronet-SPE e SE-Camaçari(BA). Este é trecho que apresenta o problema. Com 97 caixas de emenda óptica, 20% tem históricos de ocorrência de deslocamento de núcleo óptico. O nível de deslocamento varia em conformidade com a acomodação do cabo OPGW.

A conclusão da instalação e testes de comissionamento aconteceu em 2002. Em novembro de 2003, surgiu os primeiros problemas de deslocamento do núcleo óptico apresentando atenuação nas CEO's( Caixa de emenda óptica). Para solucionar a ocorrência foi necessário fundir as 24 fibras. Outras caixas que apresentaram deslocamento necessitou somente reacomodar o núcleo óptico na bandeja. Devido a não confiabilidade do cabo OPGW Cabelte, o fabricante se posicionou em trocar os lances mais críticos. A empresa Cabelte inspecionou os lances e não constatou anormalidades nas torres com relação a grampos de ancoragem, suspensão e catenárias.

O deslocamento do núcleo óptico nas várias CEO's tiveram decréscimo no decorrer dos anos, mas mesmo assim os problemas continuaram.

Mediante as intervenções nas caixas o que mais se observava era o deslocamento do núcleo óptico ocasionando deformações mecânicas do tipo macrocurvaturas. Com a redução do ângulo de curvatura, sua atenuação aumentava gradativamente a níveis de degradar a qualidade do sinal e interferir nos equipamentos distantes.

Com o cabo em operação e atendendo ao sistema de telecomunicação foram tomadas medidas que proporcionariam a manutenção no sistema óptico diante das ocorrências até a possível acomodação. O órgão de engenharia, manutenção e reparo de telecomunicações da Chesf – DOMT criou as primeiras recomendações com objetivo de manter a qualidade desse sistema e inspecionar quanto a degradação óptica:

- a. O SSTL – Serviço Sul de Manutenção de Telecomunicações, encontra-se com mão-de-obra capacitada para intervenções que venham a ocorrer nesse sistema óptico, sendo necessárias reciclagens com relação a manuseio de instrumentais;
- b. O serviço sul precisa adquirir ferramentais básicos para intervenções corriqueiras e atividades que não são exclusivamente ópticas, como chave de boca regulável, chaves de boca para descer a CEO, lona plástica de cor clara, bobona de combustível, roldana e corda;
- c. Recomenda-se que antes de sair para intervenções ou serviços diversos, principalmente para atividades com fibras ópticas, que seja observado o check-list e a lista de instrumentais e ferramentais recomendado na proposta de normativo DIRETRIZES DE MANUTENÇÃO EM CABOS OPGW já encaminhada a todos os serviços regionais, com o intuito de evitar que itens sejam esquecidos na regional;
- d. Para as atividades desenvolvidas em campo com cabos OPGW, se faz necessário que o serviço de TELECOM possua comunicação via satélite para contatos com os centros de supervisão da CHESF e das empresas parceiras, bem como para contatos dos operadores que estão em lugares inacessíveis ao sistema celular:

#### 4.1 Deteção de Falha

Internamente o CSTL – Centro de Operação e Supervisão de Telecomunicações da CHESF é a unidade funcional responsável em detectar os problemas relacionados ao rompimento de cabos OPGW. Há duas formas da informação chegar ao Centro de Supervisão:

- a. A primeira se dá por meio dos alarmes gerados pelos equipamentos ligados ao sistema óptico cuja rede serve de suporte para o tráfego de voz, dados e serviços. Em caso de rompimento da(s) fibra(s) a gerência habilita alarmes que denunciam ausência de comunicação total com o elemento de rede. Vale salientar que esta é uma forma de gerência indireta do meio óptico, pois não há no ambiente corporativo CHESF um sistema automático de supervisão de fibras ópticas;
- b. A segunda forma se dá por meio de acionamento por parte do cliente externo quando não há elementos de rede gerenciados pela rede de telecomunicações.

#### 4.2 Equipe de Manutenção Regional.

Com equipes de manutenção especializadas em OPGW nas regionais, realiza-se medições em fibras apagadas como meio de manutenção preventiva, onde se se faz diagnósticos precisos acerca do problema. A aplicação de instrumentos como o OTDR<sup>1</sup> (Refletômetro Óptico no Domínio do Tempo) detalham com precisão as falhas de atenuação, comprimento, conectores, emendas e rupturas indicando a gravidade e o local. Outro instrumento utilizado é o power meter e a fonte de luz, com função de medir a atenuação do cabo entre os trechos. Com estrutura de instrumentos, equipamentos, ferramentas especiais, veículo com tração 4X4, as equipes partem para realizar as manutenções e subdividem em campo e nas extremidades do OPGW .

### 5.0 - MELHORIAS COM APLICAÇÃO DE NOVAS TÉCNICAS.

Com o aumento de ocorrências em CEO's e as constantes manutenções, foi idealizado uma maneira de modificar os procedimentos para reduzir a quantidade de visitas as estas caixas. Antes quando do repuxamento das fibras no interior da CEO e que esta estava ocasionando degradação, o processo exigia que fosse refeitas todas as emendas com fusões. Mesmo refazendo as fusões a reserva do tamanho de fibras que pode atender variações do deslocamento na bandeja é pequena.

---

<sup>1</sup> OTDR -Refletômetro Ótico no Domínio do Tempo. Equipamento importante para a localização e análise de eventos na fibra óptica, como: comprimento, conectores e emendas, rupturas, atenuação. Ele emite pulsos de luz e analisa a parcela de luz que retorna a ele devido a reflexões e ao espalhamento do feixe de luz. A partir da quantidade de luz que retorna e o tempo de ida e volta do pulso de luz, é possível determinar a distância percorrida.

A idéia de restabelecer a arrumação das fibras sem indispor o sistema partiu da seguinte premissa:

- Deixar uma reserva para suprir a folga para o deslocamento;
- Liberar a folga de fibras na bandeja sem cortar as fibras;
- Nos casos mais críticos instalar bandeja reserva.

### 5.1 Dispositivos desenvolvidos:

Foram desenvolvidos três dispositivos no SSTL ao longo das observações no sistema OPGW. Estes dispositivos tem a finalidade de servir nas manutenções das CEO's para melhorar os tempos de manutenção, aumentar a confiabilidade e a indisponibilidade do sistema.

### 5.2 Cortador Longitudinal de Tubo Loose.

O cortador longitudinal tem a função de retirar o tubo loose que protege as fibras para liberá-las para reorganizar a arrumação na bandeja óptica sem quebrá-las (ver Figura 6). O tubo loose é um tubo termo plástico duro. Normalmente fica uma reserva de 2,5 m na CEO. O seu corte deve ter precisão para não ocasionar danos as fibras (ver Figura 6). Antes, para se tirar o tubo loose cortava-se todas as fibras e refazia as emendas com fusão. Esse processo leva quase 10 horas de duração. Com nova técnica é realizado em menos de 3 horas e não indisponibiliza o sistema. Esta técnica foi implantada no mês de julho de 2008 em 7 caixas liberando uma folga de fibras expressiva a sua arrumação.

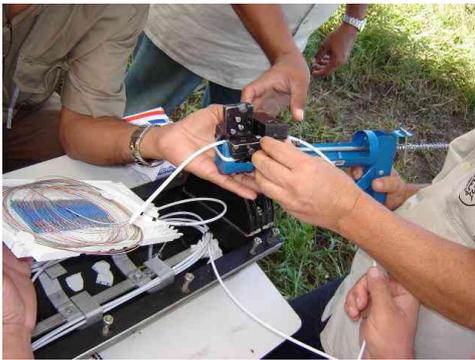


Figura 5 – Abrindo o tubo loose

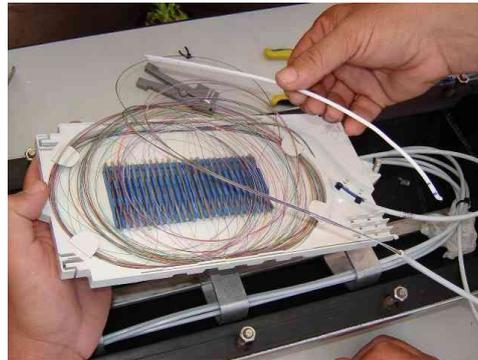


Figura 6 – Tubo retirado sem cortar fibra

### 5.3 Cortador Longitudinal do Tubo de Alumínio.

Com esta ferramenta, pode-se retirar o tubo de alumínio com corte longitudinal, sem ferir o tubo loose e sem desligar o sistema (ver Figura 7). Nos casos onde tem pouca sobra de tubo loose devido a aplicação em outras ocorrências procede retirando o tubo de alumínio e liberando o tubo loose (ver Figura 8). Esta técnica foi testada em laboratório. Está disponível para aplicação no sistema.



Figura 7 – Cortador Longitudinal

Figura 8 – Cortador Longitudinal

#### 5.4 Bandeja Auxiliar com Sistema 8

O novo método de guardar fibras em forma de “8” tem a vantagem de suprir as necessidades de deslocamento até que o cabo se estabilize. A quantidade de fibras depende do histórico desta caixa, pois a capacidade é da ordem de 2 metros. Com este sistema a liberdade de deslocamento do núcleo não desarruma a bandeja de emenda, evitando o problema de macrocurvatura na CEO. O raio de curvatura atende ao propósito sem gerar atenuação no sistema, sendo maior que 6 centímetros, sua atenuação é 0 dB (ver Figura 10). A grande vantagem deste sistema é que pode ser aplicado utilizando as ferramentas de corte longitudinais já desenvolvidas com um incremento de uma bandeja auxiliar que também foi desenvolvida nesta área.



Figura 9 – Bandeja Auxiliar

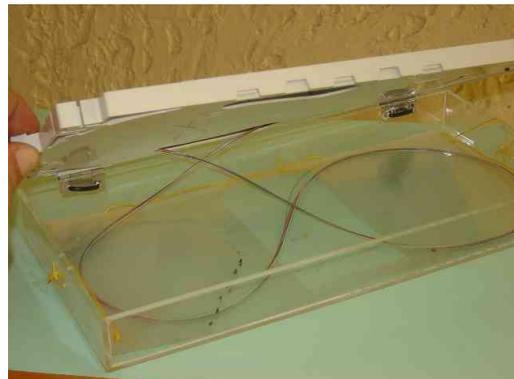


Figura 10 – Sistema “8”

#### 6.0 - CONCLUSÃO

As melhorias e benefícios com a aplicação desse modelo de manutenção pode trazer mais confiabilidade e indisponibilidade ao sistema de comunicação preservando as mesmas qualidades. A degradação passa a ser controlada dando uma margem de segurança bem maior que a anterior. Este trabalho não visa avaliar a situação do cabo OPGW, mas dar continuidade com qualidade ao processo ao qual está inserido no sistema de telecomunicações.

Esta técnica constitui-se inovadora, representando uma oportunidade para realizar intercâmbio com o corpo técnico de engenharia de outro estados de federação.

#### 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) CABELTE .TEORIA E INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE CABOS OPGW . MANUAL DE TREINAMENTO. ITAJUBÁ , 21 A 25 DE OUTUBRO DE 2002 .

(2) WIRTH,ALMIR. , JUNIOR, LIMA .Redes de computadores telecomunicação /comunicação via fibras óticas 1998 da editora Book Express LTDA.

(3 ) TABINI, RICARDO.,SILVA, DENIZARD NUNES. 1995- Fibras ópticas. São Paulo : Editora Érica , 1990.

#### 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

José Roberto Sandes

Nascido em Olho D'água do Casado, Alagoas, em 30 de junho de 1964  
Formação: Técnico Industrial de Nível Médio  
Modalidade- Telecomunicação  
Graduado (2005) em Ciências Econômicas – UFS  
Empresa: CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco, desde 1985  
Lotado no Serviço de Manutenção de Telecomunicação da Regional Sul -SSTL